

# Sifat Optik Film Tipis Galium Oksida Dengan Doping Eu (5%)

**Putut Marwoto, Sugianto dan Sulhadi**  
Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Negeri Semarang  
Kampus Sekaran, Gunungpati Semarang 50229  
Telp/Fax: 024-8508034, Email: [pmarwoto@yahoo.com](mailto:pmarwoto@yahoo.com)

## ABSTRAK

Dalam penelitian ini, telah dikaji sifat optik film tipis  $\text{Ga}_2\text{O}_3:\text{Eu}$  (5%) yang ditumbuhkan dengan menggunakan reaktor *DC unbalanced magnetron sputtering* (home made). Dari hasil karakterisasi UV-nir, dapat ditunjukkan bahwa kehadiran doping Eu (5%) telah menurunkan reflektansi film. Kondisi ini sesuai dengan citra SEM, yang menunjukkan bahwa film dengan doping Eu (5%) mempunyai struktur morfologi yang kasar. Dari hasil karakterisasi dengan UV-nir juga diperoleh *optical bandgap* film  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  sebesar 3,4 eV dan tidak dipengaruhi oleh kehadiran doping Eu(5%). Kehadiran Eu(5%) pada  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  telah meningkatkan intensitas fotoluminisensi tetapi tidak berpengaruh secara signifikan pada puncak spektrum fotoluminisensi film  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  (~600 nm).

**Kata kunci:**  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Ga}_2\text{O}_3:\text{Eu}$ (5%), *dc magnetron sputtering*, fotoluminisensi

## Pendahuluan

Film tipis galium oksida ( $\text{Ga}_2\text{O}_3$ ) dapat bersifat sebagai semikonduktor dan berpotensi sebagai *transparent conductive oxide* (TCO) [Hosono et. al., 2002], dapat diterapkan sebagai sensor gas [Hoefer et. al., 2001, Bene et. al., 2001] dan sel surya [Kim et. al., 2004a], filter dan *solar-blind UV detector* [Ji et. al., 2006]. Bahan  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  mempunyai bandgap yang bervariasi antara 4,4 - 4,8 eV [Passlack et al, 1995, Villora et al., 2002] sehingga bahan tersebut merupakan kandidat yang baik untuk TCO daerah jauh dari UV.

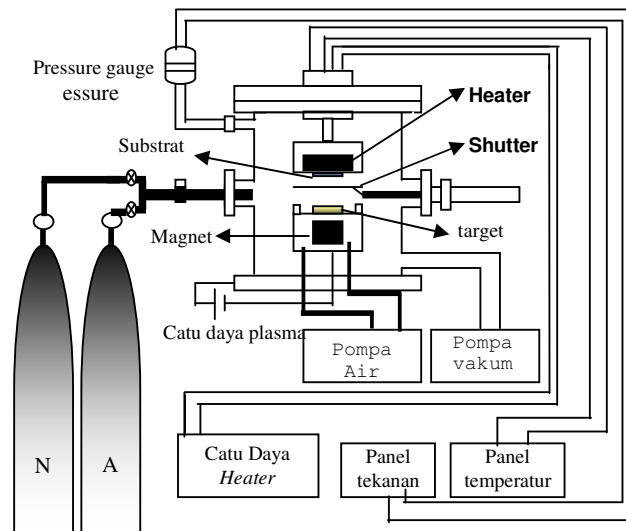
Film  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  mempunyai karakteristik luminesensi yang dapat diamati pada daerah spektrum warna UV (3,40 eV), biru (2,95 eV) dan hijau (2,48 eV) [Villora et al., 2002] sehingga berpotensi sebagai piranti optoelektronik.. Sifat luminesensi  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  dapat ditingkatkan dengan pemberian doping unsur *rare earth* seperti Eu. Intensitas luminesensi fosfor berbasis oksida dapat ditingkatkan dengan menggunakan doping unsur Mn dan Eu yang menghasilkan emisi hijau dan merah [Fang and Ma, 2003].

Untuk menumbuhkan film  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ , telah digunakan beberapa metode, di antaranya adalah: *metal organic chemical vapor deposition* (MOCVD) [Kim et. al., 2004a, Kim et. al, 2004b], *spray pyrolysis* [Hao et. al., 2004], *thermal evaporation* [Zhang et. al., 2003], *microwaves plasma* [Zhu et al, 2005], *electric current heating* [Suzuki, 2005], *molecular beam epitaxy* (MBE) [Yu et al, 2003], *floating zone* [Villora et al., 2002], *photoelectrochemical* (PEC) [Lee et al., 2003], *pulse laser ablation* [Orita et al., 2000] and *rf magnetron sputtering* [Ogita et al, 2001]. Sputtering merupakan teknik pembuatan film tipis dengan menggunakan prinsip tumbukan ion pada material target [Konuma, 1992].

Dalam penelitian sebelumnya, telah berhasil ditumbuhkan film tipis  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  yang didoping Eu (2% dan 5%) dengan menggunakan reaktor *DC magnetron sputtering* [Marwoto et.al, 2007, Marwoto dan Sugianto, 2007]. Dalam tulisan ini akan dilaporkan karakteristik fotoluminisensi film tipis  $\text{Ga}_2\text{O}_3\text{:Eu}(5\%)$  yang ditumbuhkan dengan menggunakan reaktor DC Magnetron sputtering.

### Eksperimen

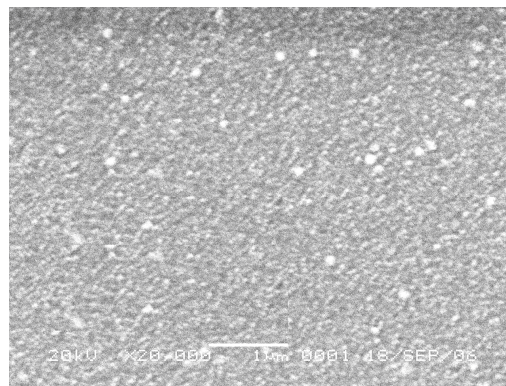
Dalam eksperimen film tipis  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  ditumbuhkan dengan reaktor DC magnetron sputtering (home made) yang telah dirancang bangun di Laboratorium Fisika Material, Jurusan Fisika Universitas Negeri Semarang dengan skema reaktor seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Film tipis ditumbuhkan di atas substrat silikon pada temperatur  $600^\circ\text{C}$  dan tekanan argon 600 mTorr. Substrat diletakkan di anoda sedangkan target diletakkan di katoda. Substrat silikon dibersihkan dengan menggunakan aseton dan metanol dalam *ultrasonic bath* masing-masing selama 10 menit, kemudian dicelup dalam larutan HF [ $\text{H}_2\text{O}:\text{HF}$  (49%)=10:1] pada suhu kamar selama 20 detik, selanjutnya dikeringkan dengan somprotan gas nitrogen dan substrat siap untuk digunakan. Dalam eksperimen, target yang digunakan dalam penumbuhan berbentuk *pellet* dengan diameter 3 cm yang dibuat dari serbuk  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  (99,999%) produksi STREM Ltd. Pembuatan *pellet*  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  dilakukan melalui proses penggerusan, pemadatan, dan sintering pada temperatur  $900^\circ\text{C}$  selama 3 jam.. Sebelum proses deposisi dimulai, reaktor divakumkan dengan aliran nitrogen.



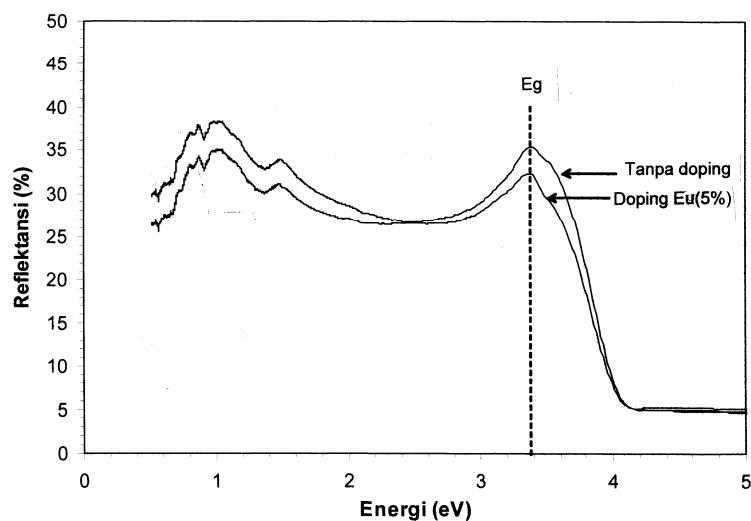
**Gambar 1.** Sistem reaktor *dc magnetron sputtering*

Morfologi permukaan film diobservasi dengan menggunakan SEM, reflektansi film diukur dengan menggunakan spektrometer UV-nir dan fotoluminisensi film diukur dengan menggunakan spektrometer fotoluminisensi.

### Hasil dan Pembahasan



**Gambar 1.** Citra SEM film  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  doping Eu (5%) yang ditumbuhkan di atas Si(100) pada temperatur substrat  $600^\circ\text{C}$  dengan aliran oksigen 100 mtorr



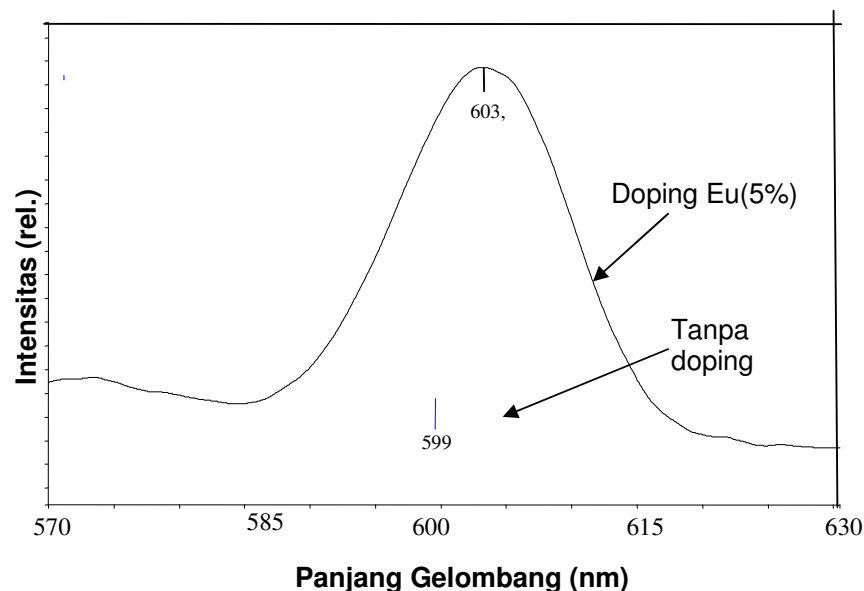
**Gambar 2.** Reflektansi sebagai fungsi energi dari film  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  tanpa doping dan  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  dengan doping Eu (5%)

Gambar 1 memperlihatkan SEM film tipis  $\text{Ga}_2\text{O}_3:\text{Eu}(5\%)$ . Film ditumbuhkan dengan aliran oksigen 100 mtorr. Dapat dilihat bahwa film yang ditumbuhkan mempunyai permukaan yang relatif kasar dengan ukuran grain yang relatif besar (diameter  $\sim 0,1 \mu\text{m}$ ). Citra SEM menunjukkan permukaan film tipis  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  tanpa doping tersusun atas butiran-butiran dengan arah penumbuhan yang acak dan distribusi butir film yang cukup rata (Syahid, 2004).

Gambar 2 menunjukkan spektrum reflektansi film tipis  $\text{Ga}_2\text{O}_3:\text{Eu}(5\%)$  dan reflektansi film tipis  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  tanpa doping sebagai fungsi energi. Kedua grafik menunjukkan pola yang relatif sama, tetapi film tipis  $\text{Ga}_2\text{O}_3:\text{Eu}(5\%)$  mempunyai reflektansi yang lebih rendah dibandingkan dengan reflektansi film tipis  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  tanpa doping. Osilasi pada masing-masing film dalam spektrum reflektansi di bawah 3,4 eV diasosiasikan dengan interferensi cahaya dalam lapisan  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  (Kudrawiec et al, 2004). Ketika film  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  diberi doping Eu(5%), puncak reflektansi film berada di bawah film tipis  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  tanpa doping. Kondisi ini menunjukkan bahwa permukaan struktur kristal menjadi lebih kasar. Kekasaran permukaan film tipis disebabkan rendahnya koefisien refleksi dan amplitudo dari pola osilasi yang terjadi (Fanget et al., 2002). Dengan demikian, film yang

ditumbuhkan tanpa doping menunjukkan kristalinitas yang lebih baik apabila dibandingkan dengan film yang ditumbuhkan dengan doping Eu 5%. Kondisi ini sesuai dengan citra SEM pada Gambar 1, yang menunjukkan bahwa film dengan doping Eu (5%) mempunyai struktur morfologi yang kasar.

Dari Gambar 2 dapat diestimasi, bahwa besar *optical bandgap* film  $\text{Ga}_2\text{O}_3:\text{Eu}(5\%)$  maupun film  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  tanpa doping berada di sekitar 3,4 eV yang berkaitan dengan absorpsi *band-to-band*. Dengan demikian, kehadiran doping Eu(5%) tidak berpengaruh pada *optical bandgap* film  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ . Secara teoritis, bahan  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  mempunyai bandgap di sekitar 2,71 eV (Gowtham, et al. 2005), namun secara eksperimen besar *bandgap* bahan tersebut bergantung pada kondisi (parameter) penumbuhan dan substrat yang digunakan.



**Gambar 3.** Fotoluminisensi film tipis  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  tanpa doping dan  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  dengan doping Eu(5%).

Gambar 3 menunjukkan spektrum fotoluminisensi film tipis  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  tanpa doping dan film tipis  $\text{Ga}_2\text{O}_3:\text{Eu}(5\%)$ . Pada eksperimen, sampel dieksitasi dengan menggunakan panjang gelombang 203 nm. Film tipis  $\text{Ga}_2\text{O}_3:\text{Eu}(5\%)$  menunjukkan puncak fotoluminisensi pada panjang gelombang ~ 602 nm (2.06 eV) dan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan puncak film tipis  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  tanpa doping yang berada pada ~ 599 nm (2,1 eV). Rendahnya puncak

spektrum fotoluminisensi dibandingkan dengan optical bandgap film kemungkinan terjadi karena mekanisme *hopping* yang terjadi karena terbentuknya *defect* pada struktur kristal yang terjadi pada proses penumbuhan. Defect berperan sebagai perangkap pada *band tail* di dalam *bandgap*. Namun demikian, film tipis  $\text{Ga}_2\text{O}_3\text{:Eu}(5\%)$  menunjukkan intensitas fotoluminisensi yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan intensitas fotoluminisensi  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  tanpa doping. Hal ini terjadi kemungkinan akibat dari transisi Eu yang berada pada tingkat energi foton yang berada pada daerah cahaya tampak (380 nm hingga 770 nm) dengan emisi yang dominan. Transisi ini memperlihatkan emisi warna merah yang terjadi pada panjang gelombang 600 nm hingga 630 nm.

### Kesimpulan

Karakterisasi dengan spektrometer UV-nir menunjukkan bahwa kehadiran doping Eu(5%) pada film  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  telah menurunkan reflektansi film. Kondisi ini sesuai dengan citra SEM, yang menunjukkan bahwa film dengan doping Eu (5%) mempunyai struktur morfologi yang kasar. Dari hasil karakterisasi dengan UV-nir juga diperoleh *optical bandgap* film  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  sebesar 3,4 eV dan tidak dipengaruhi oleh kehadiran doping Eu(5%). Selanjutnya, dari hasil karakterisasi dengan spektrometer fotoluminisensi menunjukkan bahwa kehadiran doping Eu (5%) telah meningkatkan intensitas fotoluminisensi tetapi tidak berpengaruh secara signifikan pada puncak spektrum fotoluminisens film  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  (~600 nm).

### Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Depdiknas yang telah membiayai penelitian ini melalui program Penelitian Dasar tahun ke dua (2007).

### Daftar Pustaka

- Bene, R., Pinter, Z., Perczel, I.V., Fleischer, M., and Reti, F., (2000), High temperature semiconductor gas sensors, *Vacuum* 61, p. 275
- Fang, J.F. and Ma, D.G., (2003). *Appl. Phys. Lett.* 83, p. 4041.

- Gowtham, S., Deshpande, M., Costales, A., and Pandey, R. (2005). Structural, Energetic, Electronic, Bonding, and Vibrational Properties of  $\text{Ga}_3\text{O}$ ,  $\text{Ga}_3\text{O}_2$ ,  $\text{Ga}_3\text{O}_3$ ,  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ , and  $\text{GaO}_3$  Cluster. *J. Phys.Chem.B.* 109, p. 14836-14844.
- Hoefler, U., Frank, J., Fleisher, M., (2001), High temperature  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  gas sensors and  $\text{SnO}_2$  gas sensors: a comparison, *Sens. Actuators B* 78, p. 6.
- Hosono, H., Ohta, H., Orita, M., Ueda, K, and Hirani, M., (2002), Frontier of transparent conductive oxide thin films, *Vacuum* 66, p. 419
- Hao, J., Lou, Z., Renaud, I., Cocivera, M., (2004), Electroluminescence of europium-doped gallium oxide thin films, *Thin Solid Films* 467, p. 182.
- Ji, Z., Du, J., Fan, J., and Wang, W., (2006), Gallium oxide films for filter and solar-blind UV detector, *Optical Materials*, 28, p. 415
- Kim, H. W., and Kim, N. H., (2004a), Growth of gallium oxide thin films on silicon by the metal organic chemical vapour deposition method, *Materials Science and Engineering B* 110, p 34
- Kim, H. W., and Kim, N.H., (2004b), Annealing effect on the properties of  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  thin films grown on sapphire by the metal organic chemical vapour position, *Applied Surface Science* 230, p. 301
- Konuma, M., (1992), Film Deposition by Plasma Techniques, *Springer Series on Atom + Plasmas*, 10, Springer-Verlag.
- Kudrawiec, R., Syperrek, M., Misiewicz, J., Paszkiewicz.R., Paszkiewicz.. W., and Tlaczala, M. 2004. Photoreflectance investigations of  $\text{AlGaIn/GaN}$  heterostructures with a two dimensional gas. *Superlattices and Microstructures* 36, p. 633-641.
- Lee, C.T., Chen, H.W., and Lee, H.Y., (2003), Metal oxide semiconductor devices using  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  dielectrics on *n*-type GaN, *Appl. Phys. Lett.* 82, p. 4304.
- Marwoto, P., Sugianto dan Wiyanto (2007). Doping Eu Pada Film Tipis Galium Oksida yang Ditumbuhkan Dengan *DC Magnetron Sputtering*. Makalah disampaikan pada “Seminar Nasional Teknik Kimia” yang diselenggarakan oleh Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung, tanggal 25 April 2007.
- Marwoto, P. dan Sugianto (2007). Optimasi Parameter Tekanan Parsial Gas Oksigen dan Doping Eu pada Film Tipis Galium Oksida ( $\text{Ga}_2\text{O}_3$ ). Makalah disampaikan pada “Seminar Nasional Rakayasa Kimia dan Proses” yang diselenggarakan oleh Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, tanggal 25 – 26 Juli 2007.

- Minami, T., (2003), Oxide thin-film electroluminescent devices and materials, *Solid State Electronics* 47, p.2237.
- Yu. Z, Overgaard, C.D., and Droopad, R., (2003), Growth and physical properties of  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  thin films on GaAs(001) substrate by molecular-beam epitaxy, *Appl. Phys. Lett.* 82 p. 2978.
- Villora, E.G, Morioka, Y., Atou, T., Sugawara, T., Kikuchi, M., and Fukuda, T., (2002), Infrared reflectance and Electrical Conductivity of  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ , *Phys. Stat.Sol (a)* 193,187.
- Orita, M, Ohta, H., Hirano, M., and Hosono, H., (2000), Deep-ultraviolet transparent conductive  $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$  thin films, *Appl. Phys. Lett.* 77, p. 4166.
- Ogita, M, Higo, K., Nakanishi, Y., Hatanaka, Y., (2001),  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  thin film for oxygen sensor at high temperature, *Appl. Surf. Sci.* 175-176, p.721.
- Passlack, M., Schubert, E.F., Hong, M., Moriya, M., Chu, S.N.G., Konstadinidis, K., Mannaerts, J. P., Schnoes, M.L. and Zydzik, G.J.. (1995).  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  films for electronic and optoelectronic applications, *J. Appl. Phys.* 77 (2), p. 686.
- Suzuki, K., Okamoto, T., Takata, M., (2005), Crystal growth of  $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$  by electric current heating method, *Ceramic International* 30, p. 1679.
- Sjahid,Noor. 2004. Penumbuhan Film Tipis  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  dengan Metode DC Magnetron Sputtering dan Karakterisasi sifat fisisnya (Skripsi). Fisika FMIPA UNNES, Semarang.
- Ting, W.Y., Kitai, A.H. and Mascher, P., (2002), Crystallization phenomena in  $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$  investigated by positron annihilation spectroscopy and X-ray diffraction analysis, *Materials Sci. Eng.* B91-92, p. 541.
- Yamamoto, T, Sakemi, T., Awai, K., and Shirakata, S., (2004). Dependence of carrier concentrations on oxygen pressure for Ga-doped ZnO prepared by ion plating, *Thin Solid Film.*451 – 452: 439 – 442.
- Zhang, J., Jiang, F., Zhang, L., (2003), Fabrication, structural characterization and optical properties of semiconducting gallium oxide nanobelts, *Physics Letters A* 322, p. 363.
- Zhu, F., Yang, Z. X., Zhou, W. M., Zhang, Y. F., (2005), Direct syntesis of beta gallium oxide nanowires, nanobelts, nanosheets and nanograsses by microwaves plasma, *Sollid State Commun.* 137, p. 171.